

ZERTIFIZIERTE VERZÄHNUNGS-AUSWERTUNG

Richtig rechnen will geprüft sein

Eine Lücke beim Beurteilen des gesamten Messprozesses will die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, schließen. Dafür hat sie gemeinsam mit Industriepartnern für die Zylinderradkalibrierung einen sogenannten Software-Test entwickelt. Mit dem Zertifizieren der Verzahnungsalgorithmen werden Messergebnisse und Fertigungsprozesse sicherer.

Messergebnisse scheinbar „identischer“ Messungen, die auf Messgeräten unterschiedlicher Hersteller durchgeführt werden, können sich weit über das Maß der jeweiligen Gerätespezifikation hinaus unterscheiden. Streit, Ärger und hohe Kosten sind unvermeidliche Folgen. Die Suche nach dem Schuldigen gestaltet sich oft schwierig. Vergleichsmessungen an kalibrierten Normalen sind häufig der erste Schritt, um Klarheit zu schaffen. Nicht selten erlebt man gleich danach eine zweite Überraschung, dann nämlich, wenn die Messergebnisse aus diesem Vergleich plötzlich übereinstimmen.

Eine der wesentlichen Ursachen für dieses Phänomen liegt in der unterschiedlichen Gestalt zwischen Werkstück

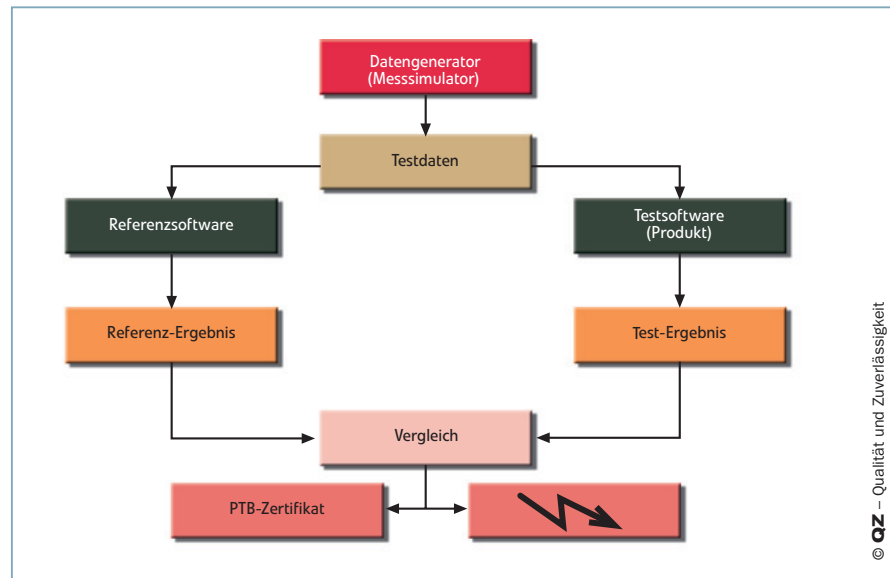


Bild.1 Schema der Zertifizierung von Verzahnungs-Software

und Normal. Normale, wie beispielsweise die klassischen Zylinderradnormale, sind in erster Linie dazu gedacht, die Geometrie, d. h. die Kinematik des Verzahnungsmessgerätes, zu überprüfen. Sie verkörpern daher eine möglichst fehlerfreie Evolventenfläche. Nahezu identische Normale werden auch als Einstellmeister bei der Inbetriebnahme der Messgeräte eingesetzt. Die Messgeräte sind somit darauf getrimmt, die Zylinderradnormale gut zu messen. Dieses Vorgehen ist legitim, und so muss sich auch niemand darüber wundern, wenn die Verzahnungsmessgeräte einer Prüfung mit Verzahnungsnormalen standhalten.

Bei der heutigen Verzahnungsmessung ist die mechanische Genauigkeit eines Messgerätes nach wie vor eine notwendige, aber lange nicht mehr hinreichende Voraussetzung, um gute Messergebnisse zu erhalten. Die Flankenometrie weicht immer mehr von der idealen Evolventenform ab. Hierdurch steigen die Anforderungen an die Auswertung. Die Software wird immer komplexer und damit auch für Fehler anfälliger. Hier setzt die Pro-

blematik der modernen Verzahnungsmessung ein. Die Auswertung und die geometrische Genauigkeit sind unkorrelierte Größen geworden. Beide müssen daher separat geprüft werden.

Dies ist seit über zehn Jahren bekannt. Seinerzeit hatte der VDI/VDE-Arbeitskreis Verzahnungsmesstechnik unter seinen Ausschussmitgliedern Testdaten verteilt, um festzustellen, welchen Einfluss die reine Auswertung auf die Messergebnisse hat. Die Ergebnisse waren alarmierend.

Als Konsequenz aus diesen Untersuchungen hat sich die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, gemeinsam mit sieben Partnern aus der Industrie entschlossen, ein Projekt zu initiieren, mit dem sich künftig Verzahnungsauswertungen überprüfen und zertifizieren lassen. Dazu gehören Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Oberkochen; esco GmbH, Aachen; Klingelberg GmbH, Hückeswagen; Leitz Messtechnik GmbH, Wetzlar; Mahr GmbH, Göttingen; metro-tek GmbH, Karlsruhe und Mitutoyo GmbH, Neuss.

Literatur

- 1 Norm DIN 3960; Begriffe und Bestimmungsgrößen für Stirnräder (Zylinderräder) und Stirnradpaare (Zylinderradpaare) mit Evolventenverzahnung, 1987
- 2 Richtlinie VDI/VDE 2612; Profil- und Flankenlinienprüfung an Zylinderrädern mit Evolventenprofil, 2000
- 3 Richtlinie VDI/VDE 2607; Rechnergestützte Auswertung von Profil- und Flankenlinienmessungen an Zylinderrädern mit Evolventenprofil, 2000



Bild 2. Die ersten Zertifikate wurden während des 202. PTB-Seminars „Accurate Gear Metrology“ überreicht an: Roy Melcher, Carl Zeiss Innovationszentrum für Messtechnik GmbH; Dieter Loebnitz, Mitutoyo GmbH; Thomas Karg, metro-tek GmbH; Wolfram Meyer, Frenco GmbH; Klaus Hasche, PTB; Heinz Röhr, Leitz Messtechnik GmbH, Frank Härtig, PTB; Karl Buschhoff, Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH; Franz Wäldele, PTB; Günter Mikoleizig, Klingelberg GmbH (v.l.n.r.)

Test prüft über zwanzig Messgrößen

Zunächst werden die Testdaten synthetisch über einen Fehlergenerator erzeugt (Bild 1). Hierdurch werden eindeutige Testbedingungen geschaffen, mit denen auch besonders sensible Auswertekriterien dargestellt werden können. Die Weitergabe der Messwerte erfolgt über ein ASCII-Datenformat. Die Testdaten werden sowohl von der Referenz-Software als auch von der Test-Software des zu zertifizierenden Produktes eingelesen und ausgewertet.

Die Referenzalgorithmen der PTB basieren im Wesentlichen auf der Norm DIN 3960 [1] und den Richtlinien VDI 2607 und VDI 2612 [2, 3]. Diese Dokumente beschreiben die wichtigsten Kenngrößen und Auswertevorschriften der Profil-, Flankenlinien- und Teilungsauswertung. Geprüft werden im Einzelnen:

- Profil: Profil-Gesamtabweichung, Profil-Winkelabweichung, Profil-Formabweichung, Profil-Balligkeit, Formabweichung im Bereich der Fußrücknahme, Länge der Fußrücknahme, Betrag der Fußrücknahme, Formabweichung im Bereich der Kopfrücknahme, Länge der Kopfrücknahme, Betrag der Kopfrücknahme
- Flanke: Flankenlinien-Gesamtabweichung, Flankenlinien-Winkelabweichung, Flankenlinien Formabweichung, Balligkeit der Flankenlinie, Formabweichung im Rücknahmebereich der Bezugsseite, Länge der Rücknahme auf der Bezugsseite, Betrag der Rücknahme im Bereich der Bezugsseite, Formabweichung im Rücknahmebereich der Nicht-Bezugsseite, Länge der Rücknahme auf der Nicht-Be-

zugsseite, Betrag der Rücknahme im Bereich der Nicht-Bezugsseite

- Teilung: Teilungs-Einzelabweichung, Teilungs-Gesamtabweichung
- Rundlauf
- Diametrales Zweikugelmaß

Insgesamt werden durch den Software-Test über 20 verschiedene Messgrößen geprüft und die Ergebnisse beider Auswertungen miteinander verglichen. Bei einer Übereinstimmung von $0,1 \mu\text{m}$ gilt der Test als bestanden.

Verborgene Fehler in Software beseitigt

Nutzen von dem Software-Test haben sowohl der Anwender eines Verzahnungsmessgerätes als auch der Messgerätehersteller selbst (Bild 2). Beide hatten bisher keine Möglichkeit, die vielfältigen Auswertungen zuverlässig zu prüfen. Fehler, die viele Jahre in der Software verborgen waren, sind durch das Projekt erkannt und beseitigt worden.

Mit der Bereitstellung von Testdatensätzen für die Verzahnungsmesstechnik auf der Basis vorhandener Normen und Richtlinien können Verzahnungsalgorithmen durch die PTB zertifiziert werden. Hierdurch wurde eine wesentliche Lücke bei der Beurteilung des gesamten Messprozesses geschlossen. Die Zertifizierung der Verzahnungsalgorithmen führt zu sicheren Messergebnissen, damit zu sicheren Fertigungsprozessen und letztlich zu besseren Produkten. □

- **Physikalisch-Technische Bundesanstalt**
Dr. Frank Härtig
T 05 31/5 92-53 22
frank.haertig@ptb.de
www.ptb.de